

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1921-1922. — N° 67

URÉE SANGUINE
et
ASCENSIONS en AVION

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTE DE MEDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 23 Décembre 1921

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Alphonse PAILLIER

né à POMPEY (Meurthe-et-Moselle) le 4 Février 1894



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

45, Quai Gailleton, 45

Téléphone 63-56

—
1921

URÉE SANGUINE
ET
ASCENSIONS EN AVION



Digitized by the Internet Archive
in 2026

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1921-1922. — N° 67

URÉE SANGUINE

et

ASCENSIONS en AVION

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTE DE MEDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 23 Décembre 1921

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Alphonse PAILLIER

né à POMPEY (Meurthe-et-Moselle) le 4 Février 1894



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

45, Quai Gailleton, 45

Téléphone 63-56

1921

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

Doyen honoraire	M. HUGOUNENQ.
Assesseur	MM. J. LEPINE.
Doyen	ROQUE.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, BEAUVISAGE, LACASSAGNE, TESTUT,

	PROFESSEURS	MM.	
Cliniques médicales		TESSIER	
		ROQUE	
Cliniques chirurgicales		BARD	
		TIXIER	
		BERARD	
Clinique obstétricale et Accouchements		X	
Clinique ophtalmologique		ROLLET	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		NICOLAS	
Clinique neurologique et psychiatrique		LEPINE (J.)	
Clinique des maladies des enfants		WELL	
Clinique des maladies des femmes		POLOSSON (A.)	
Clinique d'oto-rhino-laryngologie		LANNOIS	
Clinique des maladies des voies urinaires		ROCHET	
Clinique chirurgicale des maladies des enfants		N.-JOSSE	
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie		CLUZET	
Chimie biologique		HUGOUNENQ	
Chimie organique et Toxicologie		MOREL	
Matière médicale et Botanique		MOREAU	
Parasitologie et Histoire naturelle médicale		GUIART	
Anatomie		LATARJET	
Anatomie générale et Histologie		POLICARD	
Physiologie		DOYON	
Pathologie interne		COLLET	
Pathologie et Thérapeutiques générales		MOURQUAND	
Anatomie pathologique		PAVIOT	
Médecine opératoire		VILLARD	
Médecine expérimentale et comparée		ARLOING (F.)	
Médecine légale		Etienne MARTIN	
Hygiène		COURMONT (P.)	
Thérapeutique		PIC	
Pharmacologie		FLORENCE	

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours de Pathologie externe.....	VALLAS.
— — — Propédeutique de gynécologie.....	CONDAMIN.
— — — Chimie minérale	BARRAL
— — — Accouchements	COMMANDEUR.
— — — Urologie	GAYET.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Anatomie topographique	PATEL
Botanique	BRETIN
Embryologie	HOVELACQUE
Stomatologie	TELLIER

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
NOGIER	SAVY	HOVELACQUE	ROUBIER
BRETIN	FROMENT	TRILLAT	FAVRE
LERICHE	THEVENOT (L.)	SAKVONAT	MURARD
THEVENOT (Léon)	PIÉRY	FLORENCE	BONNET
TAVERNIER	COTTE	ROCHAIX	GRAVIER, chargé
CADE	DUROUX	CORDIER	des fonctions
GARIN			

M. BAYLE, secrétaire

EXAMINATEURS DE LA THESE

M. ARLOING, *Président* ; M. NICOLAS, *Assesseur* ;

MM. PIÉRY et FAVRE, *Agrégés*

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA MÈRE

Témoignage de grande affection
et de vive reconnaissance.

A MA SŒUR

A MES PARENTS ET AMIS

A LA MÉMOIRE DE MES CAMARADES
MORTS AU CHAMP D'HONNEUR

A MES MAÎTRES ET A MES JUGES

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR F. ARLOING

*Professeur de Médecine expérimentale et comparée
Chevalier de la Légion d'Honneur*

Il nous a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence du Jury de
notre thèse en l'absence de notre
maître, M. le Professeur TEISSIER.
Nous le prions d'agréer avec nos
sincères remerciements, l'expression
de notre profond respect.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR J. TEISSIER

*Professeur de Clinique Médicale
Commandeur de la Légion d'Honneur
Associé National de l'Académie de Médecine*

Il nous a accueilli avec l'amabilité qui
lui est coutumière et nous a guidé
de ses précieux conseils. Qu'il nous
soit permis de lui présenter ici l'ex-
pression respectueuse de nos sin-
cères remerciements.

A MONSIEUR LE DOCTEUR PIËRY

*Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Lyon
Chevalier de la Légion d'Honneur*

Qui nous a inspiré le sujet de cette
thèse et nous a toujours témoigné la
plus grande bienveillance. Nous
sommes heureux de lui exprimer
toute notre gratitude.

URÉE SANGUINE
ET
ASCENSIONS EN AVION

AVANT-PROPOS

Au moment où l'aviation commerciale prend un essor nouveau, et où l'aviation militaire se perfectionne de jour en jour, s'adaptant, par la création des avions sanitaires, aux besoins des temps présents, il nous a paru utile de continuer la série des recherches relatives à la physiologie de l'aviateur. Ce travail, dont l'importance est indéniable, mêle à sa nouveauté attrayante des écueils sérieux : une expérimentation délicate dans des conditions défavorables, et une interprétation difficile des résultats obtenus.

Nous avons eu la bonne fortune d'être aidé par M. le Professeur agrégé Piéry, qui, après nous avoir donné l'idée de cette thèse, nous a prodigué généreusement ses conseils, avec sa compétence particulière pour tout ce qui touche la pathologie de l'aviateur.

Nous tenons à remercier ici particulièrement M. le commandant Benoît et MM. les Pilotes du 35^e régiment d'aviation, MM. les Pilotes du 11^e régiment d'aviation, qui nous ont reçu avec leur cordialité traditionnelle et ont permis

d'effectuer nos recherches, MM. les Pharmaciens qui ont mis les ressources de leurs laboratoires à notre disposition.

Enfin, nous sommes profondément reconnaissants à notre camarade, le médecin sous-aide major Warpeck, de nous avoir aidé efficacement dans la réalisation technique de nos expériences ; nous l'assurons de notre sympathie et lui renouvelons nos plus vifs remerciements.

INTRODUCTION

Le mal des aviateurs, ou plus généralement le mal des altitudes, ayant été attribué par un certain nombre d'auteurs à une insuffisance du fonctionnement rénal, nous nous sommes proposés d'étudier les variations du taux de l'urée sanguine aux diverses altitudes.

Pour ce faire, nous nous sommes élevés en avion jusqu'à 6.800 mètres et nous avons pratiqué sur nous des ponctions veineuses, en vue de réaliser, puis de comparer les constantes d'Ambard, correspondant aux différentes altitudes.

Après l'étude du mal des altitudes dans ses rapports avec l'élimination rénale, puis la comparaison des résultats obtenus touchant cette dernière, dans le mal des montagnes, le mal des ballons et le mal des aviateurs, nous exposerons d'abord la technique de nos recherches, puis les résultats que nous avons obtenus.

Nous terminerons enfin par la discussion de ces résultats, insistant particulièrement sur leur signification, pour l'interprétation des phénomènes présentés par l'aviateur au cours du vol.

CHAPITRE I

Le mal de altitudes. et ses rapports avec l'élimination rénale.

Depuis longtemps, on a étudié le mal des altitudes : les recherches furent effectuées d'abord pour le mal des montagnes, puis pour le mal des ballons, par de nombreux savants et physiologistes, dont il faut retenir quelques noms, tels que : Charles, en 1783 ; puis Robertson et Lhoëst, en 1803 ; Biot et Gay Lussac, en 1804 ; Jourdanet en 1862 ; Tissandier qui, en 1875, participa à la tragique ascension à bord du « Zénith », au cours de laquelle ses compagnons Sivel et Crocé Spinelli trouvèrent la mort, à 8.600 mètres ; Paul Bert, en 1882. Puis plus récemment, à partir de 1900, Balsan et Godard ; Bergson et Zürling, qui atteignirent 10.500 mètres ; Egger, Lapicque, Jolly etc...

Soubiès, dans sa thèse de Paris (1907), a résumé tous les travaux effectués sur ce sujet, soit pour en donner la symptomatologie, soit pour en expliquer la pathogénie. Quels sont, d'après le Docteur Soubiès, les caractères principaux de ce mal des altitudes.

Apparaissant à partir de 3.000 à 4.000 mètres pour le mal des montagnes, à partir de 5.000 mètres pour le mal des aéronautes, il est caractérisé surtout par une sensation de fatigue, un engourdissement débutant par les membres

inférieurs, puis atteignant les membres supérieurs et la face.

Au point de vue digestif : anorexie marquée, parfois nausées, vomissements.

Céphalalgie précoce, existant chez tous les sujets au-dessus de 5.000 mètres. Etourdissements et troubles des organes des sens. Tendance à l'inertie et au sommeil.

Au point de vue circulatoire, on note bien une accélération du pouls, mais la pression artérielle varie peu.

Quant à la respiration, peu de variations du rythme ; à noter seulement des inspirations plus profondes.

La fonction rénale est profondément troublée. Déjà Jourdanet, dans une communication qu'il fit à l'Académie des Sciences en 1874, sur « l'influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme », avait été frappé de ce fait que l'excrétion de l'urée avait baissé d'une façon notable, pendant une tourmente atmosphérique, qui avait produit une dépression subite de plusieurs centimètres.

Jackson avait signalé dans les altitudes, une élimination particulière de l'Az par les urines : cette élimination, au lieu de se faire en entier sous forme d'urée, était représentée pour moitié de sa valeur par des substances alloxuriques.

Dastre, également, indiquait la diminution de l'excrétion de l'urée pendant l'asphyxie par défaut d'O, et l'apparition d'une hyperglycémie. Les travaux de MM. Guillemard et Moog (1903), sur l'influence des hautes altitudes et les variations de la nutrition générale à ces niveaux, ont permis de mettre ces questions au point.

Après avoir effectué de nombreux examens d'urine pendant un séjour sur le Mont Blanc, ils ont constaté

d'abord une diminution considérable du volume émis pendant les deux premiers jours.

En étudiant successivement les divers éléments de l'urine, ils virent que le résidu fixe diminuait considérablement d'abord, pour redevenir normal en cinq jours.

La rétention chlorurée était tout particulièrement nette.

L'Az total diminuait dans l'urine, retenu dans l'organisme sous forme de déchets azotés, par suite de l'insuffisance passagère du filtre rénal. L'urée diminuait considérablement : il y avait à la fois rétention, et ralentissement dans sa production. Au contraire,, il se formait dans l'organisme de nombreux matériaux incomplètement oxydés.

Enfin diminution considérable des phosphates et sulfates, et par la cryoscopie, ralentissement de la filtration.

Nous avons résumé le détail des expériences effectuées par MM. Guillemard et Moog dans le tableau synoptique suivant.

Volume d'urine par 24 heures et par kgr.						
	Les 10	22	23	24	25	26 juil.
A Paris. . . .	12 cc.					
Au Mont-Blanc		6 cc.	6 cc.	10 cc.	22 cc.	25 cc.
Poids d'urée par 24 heures et par kgr.						
A Paris. . . .	0 gr. 37					
Au Mont-Blanc		0 gr. 24	0 gr. 21	0 gr. 25	0 gr. 28	0 gr. 40
Azote alcooloïdique par 24 heures et par kgr.						
A Paris. . . .	0 gr. 004					
Au Mont-Blanc		0 gr. 007	0 gr. 006	0 gr. 006	0 gr. 007	0 gr. 005

Aussi, aux diverses théories dont les principales sont celles de Jourdanet et Paul Bert sur l'anoxyhémie, celle

de Mosso sur l'acapnie, MM. Guillemard et Moog, pour expliquer le mal des altitudes, substituèrent la théorie suivante :

Sous l'influence de l'anoxyhémie due au séjour dans l'air raréfié des hautes altitudes, il résulterait une diminution des combustions organiques, se traduisant par la production d'une quantité anormale de toxines réagissant sur les reins, et déterminant une diminution passagère de la diurèse, caractérisée notamment par une rétention d'eau et des matériaux azotés et salins, d'où une auto-intoxication, une sorte d'urémie qui donnerait la symptomatologie du mal des altitudes.

Nous avons vu en effet que les principaux symptômes consistaient en : asthénie, anorexie, céphalée, nausées, vomissements ; ils apparaissent plus vite dans le cas de mal des montagnes, parce que des facteurs secondaires tels que fatigue musculaire, insuffisance cardiaque, en favorisent l'éclosion.

Nous n'avons pas à discuter la valeur de cette théorie ; nous ne l'avons citée, que pour mettre en lumière la part sinon prépondérante, du moins très importante qui revient à l'élimination rénale dans la genèse des accidents étudiés.

CHAPITRE II

Le mal des aviateurs comparé au mal des montagnes et des ballons. Ses différentes pathogénies.

Isolé pour la première fois en 1911 par MM. Cruchet et Moulinier de Bordeaux, le mal des aviateurs a surtout été bien étudié pendant la guerre ; nos aviateurs, pour accomplir leurs missions de repérage, d'observation, de bombardement, et surtout nos pilotes de chasse étaient obligés d'atteindre et de demeurer parfois pendant un temps assez long à des altitudes variant entre 6.000 et 7.000 mètres et cela journellement, presque sans repos. On s'aperçoit vite que le personnel s'usait avec une rapidité effrayante, et pour y remédier, la nécessité s'imposa de bien connaître la physiologie normale puis pathologique de l'aviateur, afin d'en déduire les règles devant servir au recrutement, puis d'établir le programme d'hygiène auquel devaient se soumettre les aviateurs.

Ce travail fut entrepris par quelques médecins attachés aux groupes d'aviation, parmi lesquels il faut citer les noms de Vuillemin, Meunier. Mais c'est surtout au Dr

Ferry, pilote aviateur, que revient, pour la plus grande part, l'honneur d'avoir posé et résolu ces problèmes difficiles.

De ses nombreux ouvrages on peut dégager les idées suivantes :

« Pendant le vol c'est surtout la fonction circulatoire qui est troublée, l'effort systolique étant constamment à la recherche d'un équilibre circulatoire toujours fuyant et toujours poursuivi, équilibre répondant à telles propriétés physico-chimiques des aires atmosphériques successivement et trop rapidement traversées. »

Aussi le pouls s'accélère à la montée, diminue à la descente, mais il persiste constamment une accélération après toute ascension en avion.

La tension artérielle subit des modifications importantes :

C'est surtout la pression maxima qui varie, baissant au début de la montée jusqu'à 300 m., devenant égale à la normale vers 2.500 m., puis légèrement supérieure aux altitudes plus élevées. Elle diminue pendant la descente, et après le voyage, on enregistre d'une façon constante une hypotension nette.

La pression minima nous offre moins d'oscillations : diminuant légèrement pendant la montée, elle augmente à la descente, pour atteindre cependant un chiffre tel que l'écart entre les deux pressions M_x et M_n , est moindre qu'avant le vol. On a ainsi une diminution de la pression différentielle, ce qui est le signe d'une insuffisance fonctionnelle cardiaque.

« Autrement dit, conclue le Dr Ferry, il existe après toute ascension en aéroplane une hypotension artérielle plus

ou moins nette, dépendant de l'altitude atteinte, et de la vitesse d'ascension et de descente. »

Les troubles ressentis pendant le vol sont en général légers et fugaces, variables avec l'entraînement et le tempérament, à tel point que M. Ferry a pu dire qu'ils ne constituaient pas un mal véritable ; ce ne sont que des réactions physiologiques simples liées à la perturbation apportée à la fonction circulatoire. Et on est frappé en effet du peu de sensations désagréables que vous laissez une ascension rapide à une altitude de 6.000 m. : gêne respiratoire légère, bourdonnements d'oreilles, tendance à l'inertie, mais pas d'engourdissement ; jamais nous n'avons éprouvé de céphalée ; c'est le froid qui incommode le plus. Chose curieuse c'est après l'atterrissage que s'accusent les troubles : céphalée, fatigue, somnolence, comme si l'organisme subissait à ce moment un commencement d'intoxication ; mais ils disparaissent si vite, qu'ils ne peuvent encore constituer d'après le Dr Ferry le mal des aviateurs vrai.

Comme pathogénie, il leur donne l'hypotension générale consécutive à tout vol en avion, qui agirait en provoquant une ischémie passagère au niveau des différents organes le rein en particulier.

Ces phénomènes sont ceux observés chez des aviateurs volant peu, ou à des altitudes relativement basses, ou chez des débutants, et déjà cependant nous voyons s'isoler d'une façon absolue le mal des aviateurs à côté du mal des montagnards et du mal des ballons.

Pourquoi les symptômes d'intoxication relevés si tôt dans ces deux derniers cas, ne semblent-ils apparaître qu'après le vol en avion ? Est-ce que l'aviateur, qui comme le montagnard ou l'aéronaute, vivant dans l'air raréfié a des

combustions intra-organiques ralenties, éliminerait mieux pendant le vol les toxiques fabriqués, quitte à subir l'auto-intoxication à la descente, quand son rein devient déficient, sous l'influence de l'hypotension générale acquise, et de l'insuffisance cardiaque attestée par la diminution de la pression différentielle.

Cette auto-intoxication a été bien étudiée par le Dr Ferry sur lui-même après une série de vols à des altitudes élevées, ou encore après passage dans une chambre pneumatique où il fut soumis à une dépression barométrique de 260 mm. de Hg., et chez de nombreux aviateurs fatigués, parce que volant d'une façon intensive, ou demeurant trop longtemps à des altitudes élevées.

L'hypotension qui succède aux vols devient plus manifeste et dure plus longtemps ; le ventricule gauche s'hypertrophie d'une façon légère, mais persistante (Etienne et Lamy).

Pendant la nuit et le jour qui suivent, on constate l'apparition de céphalée, tendance au vertige, nausées, épistaxis fréquents, douleurs musculaires et surtout d'oligurie diurne et nocturne (500 cm³ environ par 24 heures). Ou bien « si la quantité d'urine paraît normale, sa qualité est amoindrie : il y a rétention de certains produits toxiques (urée, alcaloïdes). »

Puis dans les jours qui suivent, ces troubles s'atténuent en même temps que la sécrétion urinaire augmente, pour disparaître quand celle-ci est redevenue tout à fait normale.

Et M. Ferry conclue en ces termes : « Tous ces faits montrent combien est grande l'altération apportée à mon fonctionnement rénal par une dépression barométrique

poussée trop loin. Ils indiquent la part prépondérante qui revient dans la production des troubles ci-dessus relatés, au blocage du filtre rénal pour les composants de l'urine. »

A ces symptômes aigus qui disparaissent quelques jours après chaque vol, « succèdent des troubles de nature hypertensive d'abord, rappelant les manifestations urémigènes de la sclérose rénale, puis à une deuxième période, d'ordre asthéniques surtout, tenaces, durables ». C'est « l'asthénie des aviateurs, le mal des aviateurs vrai » du Dr Ferry, qu'il explique par l'action répétée des toxiques anormalement formés aux hautes altitudes (Guillemard et Moog), et retenus grâce au blocage du rein qui suit le vol chez les aviateurs fatigués, sur les différentes glandes endocrines, les surrénales en particulier ; ce ne serait qu'un syndrome d'insuffisance capsulaire.

De tous ces faits, tirés d'un grand nombre d'observations, on peut retenir qu'à la suite du séjour aux altitudes élevées, la fonction rénale subit toujours des altérations, quelquefois légères et fugaces, mais aussi quelquefois assez importantes pour que les troubles qui en résultent puissent constituer un syndrome bien caractérisé.

Mais ces altérations fonctionnelles du rein qui ont été reconnues chez l'aviateur après le vol, existent-elles au cours du vol ? Comment fonctionne le rein pendant le séjour aux hautes altitudes ?

N'ayant pas eu le temps et les moyens suffisants pour mettre cette question complètement au point, dans notre modeste travail, nous avons étudié simplement comment le rein se comporte vis-à-vis du produit d'excrétion le plus important, l'urée, en réalisant sur nous-mêmes quel-

ques constantes d'Ambard, à des altitudes variant entre 4.000 et 6.800 m., espérant donner ainsi l'allure générale des phénomènes, qui se passent à ces hauteurs au niveau de l'épithélium rénal.

CHAPITRE III

Technique de nos recherches de l'urée dans le sang et du débit uréique au cours de nos ascensions en avion.

1° *Généralités sur la constante d'Ambard.*

2° *Régime.*

3° *Matériel.*

4° *Manuel opératoire.*

5° *Dosage de l'urée.*

1° *Généralités sur la constante d'Ambard.* — La réalisation de la constante uréo-secrétoire d'Ambard fournit des renseignements précieux sur l'état du fonctionnement rénal : représentant le rapport qui existe entre la teneur du sang en urée à un moment donné, et la proportion d'urée qui passe dans l'urine au même moment, rapport qui est constant chez un homme sain, placé dans des conditions normales, ses variations sont l'indice des variations de la perméabilité du rein.

En effet, les dosages de l'urée dans l'urine et dans le sang, ne peuvent nous renseigner séparément sur l'état de fonctionnement du rein : c'est ainsi qu'à un chiffre d'urée dans l'urine qui paraît normal, peut correspondre une rétention d'urée dans le sang, et avec un chiffre d'urée sanguine normal, on peut avoir une diminution de l'excrétion uréique.

Au contraire, par la comparaison des chiffres trouvés dans ces deux dosages, les variations survenues de chaque côté du filtre rénal sont enregistrées ; si elles sont de même sens, le chiffre qui exprime le rapport ne varie pas : le filtre a bien fonctionné. Si au contraire les variations ne sont pas exactement parallèles, c'est qu'il y a quelque chose de changé dans le fonctionnement du filtre : le rapport c'est-à-dire la constante varie.

Aussi en cas d'altération rénale, la constante s'élève : égale à 0.07 chez un sujet normal, quand elle atteint 0.1, elle indiquerait que l'activité fonctionnelle des reins est réduite de moitié, 0.14 elle indiquerait une déficience des $\frac{3}{4}$ d'après MM. Legueu et Chabanier.

De l'avis de M. le Professeur Teissier, il est fréquent de la trouver égale à 0.1 chez les sujets normaux, soumis à un régime ordinaire ; au dessus de 0.1, elle indique un fléchissement du rein, et pour conclure à une déficience nette de la fonction rénale, il faut la voir s'élever aux environs de 0.14.

Dans quelles limites physiologiques trouve-t-on l'urée dans le sang et dans l'urine ? D'après les auteurs, avec l'alimentation habituelle, l'azotémie d'un sujet sain est de 0.35, mais elle peut atteindre 0.50 après un repas riche en matières protéiques.

Dans l'urine l'urée est éliminée dans la proportion de 28 grammes en 24 heures avec une alimentation mixte : mais cette quantité est considérablement influencée par le régime, s'abaissant à 15 gr. chez un sujet nourri de légumes verts, pour passer à 50 gr. chez un gros mangeur de viande (Savy, Précis de pratique médicale).

*Quelle fut maintenant la technique suivie au cours
de nos expériences ?*

Régime. — Voulant étudier la valeur relative de la concentration de l'urée dans le sang et de son débit dans l'urine à différents moments de la journée, il fallait tout d'abord éliminer autant que possible, les causes qui font varier le régime de l'urée dans l'organisme ; or l'une des principales réside dans l'alimentation.

Pour les 3 premiers vols effectués à Bron, dans la matinée, au mois de Juillet, voici quel fut le régime auquel nous nous soumettions : la veille au soir régime ordinaire, sans viande ; le matin avant le départ aucun aliment solide ou liquide.

Pour les 2 vols effectués à Frescaty, dans l'après-midi, en octobre : régime ordinaire la veille ; au petit déjeuner du matin une tasse de café faible sans pain ; au déjeuner, seulement quelques pommes de terre.

Matériel. — Comme matériel nous avions à notre disposition quelques aiguilles pour ponction veineuse, que nous conservions dans un tube contenant du chloroforme paraffiné, ayant remarqué, dès les premières expériences, que le sang devenant plus visqueux et plus facilement coagulable aux hautes altitudes, il ne suffisait pas d'une seule ponction pour obtenir 10 cm³ de sang.

Pour éviter la décomposition de l'urée dans l'urine, nous mettions dans chaque récipient affecté à cet usage un petit morceau de cyanure de mercure.

Manuel opératoire. — Nous opérions ensuite de la façon suivante :

Au sol : 1° Miction dès l'arrivée sur le terrain d'aviation en repérant exactement l'heure. 2° Prise de sang 10 à 15 minutes après. 3° Seconde miction à une heure connue, nous permettant de recueillir l'urine émise au sol, en un temps bien déterminé.

En avion, quand l'avion ayant atteint le plafond ne pouvait plus monter, ou après un signe du pilote qui mettait son appareil en vol horizontal nous recommençons les mêmes manœuvres.

1° Miction à une heure exactement repérée : les urines recueillies alors étaient jetées.

2° Prise de sang 15 minutes après.

3° Seconde miction à une heure connue, nous permettant de recueillir l'urine émise pendant un temps déterminé, passé en entier à la même altitude.

Pour la première ascension, n'ayant uriné qu'une fois en avion, les urines recueillies furent celles de toute la montée, en plus de celles sécrétées pendant le séjour à 4.000 mètres.

Après la descente nos 4 tubes étaient placés dans une glacière.

Analyses. — Les analyses furent faites à Lyon dans le laboratoire de M. le Professeur Teissier : les dosages de l'urée dans le sang et l'urine par l'hypobromite de soude.

A Metz, après nous être entraîné au laboratoire de chimie à l'hôpital Plantières, nous pratiquions ces dosages :

par l'hypobromite pour l'urine, par le xanthidrol pour le sang (méthode de Fosse). Voici résumée la technique employée :

a) *Dosage de l'urée dans l'urine* : Après avoir mesuré le volume d'urine émis, dans un ballon jaugé à 50 cm³, nous introduisons 10 cm³ d'urine -|- 1 cm³ de sous acétate de . . . liquide, puis assez d'eau pour compléter le volume à 50 cm³.

Etant ainsi débarrassé de l'acide urique, nous mesurons à l'uiromètre d'Yvon le volume d'Az dégagé par 5 cm³ de liquide, préalablement filtré (chiffre correspondant à 1 cm³ d'urine).

L'uiromètre étant convenablement lavé, nous recommencions la mesure, en employant cette fois 5 cm³ d'une solution titrée d'urée, représentant 1 centigramme d'urée. Un calcul des plus simples nous donnait la concentration de l'urine en urée.

b) *Dosage de l'urée dans le sang* : Dans un tube à centrifuger nous mettions 10 cm³ de sérum -|- 10 cm³ de réactif de Tanret concentré (Hg Cl₂ 2 gr. 71 -|- KI 7 gr. 20 -|- CH₃COOH 66 cc 6 -|- eau q. s. pour 100 cc). Après avoir centrifugé nous ajoutions à 15 cm³ du liquide limpide, 15 cm³ d'acide acétique, et de la solution méthylrique de xanthidrol au 1/10, une quantité égale au 1/10 du volume total, soit 3 cm³, en 3 fois à 10 minutes d'intervalle.

Après 3 heures de condensation, le précipité de xanthylurée obtenu était lavé à l'alcool méthylrique (1 à 2 cc), desséché quelques minutes à l'étuve, puis pesé. En divisant par 7 le chiffre trouvé, on avait le poids d'urée correspondant, c'est-à-dire que si on était parti de 10 cm³ de

sérum, en désignant par x le nombre de cm³ du mélange déféqué ayant donné un poids p de xanthylurée ou uréine on obtenait

$$\text{Urée 0/00 de sérum} = p/7 \cdot 10 \cdot 2/x \cdot 100$$

La méthode au xanthydrol est spécifique et susceptible d'une grande précision, car le xanthydrol ne précipite que l'urée et reste sans action sur les peptides et les acides aminés (Hugounenq). Mais les différences provenant de ce fait sont si petites, qu'en pratique, il est permis de ne pas en tenir compte.

Ayant ainsi la concentration de l'urine en urée C, la teneur du sang en urée U, après avoir calculé le débit de l'urée dans l'urine en 24 heures D, en appliquant la formule

$$K = \frac{U}{\frac{D \times V}{5} \cdot C}$$

nous ayons la constante cherchée.

CHAPITRE IV

L'Urée dans le sang aux différentes altitudes en avion d'après nos recherches personnelles.

Nous avons réussi à pratiquer sur nous-même avec l'aide de notre ami le Dr W., 4 constantes d'Ambard pendant des vols effectués : 3 à Bron à des altitudes de 4.000, 5.200, 6.150 ; 1 à Frescaty à l'altitude de 4.600 ; puis 1 constante pendant un vol effectué seul comme passager à Frescaty, à l'altitude de 6.800 m. Nous devons un résultat à l'obligeance de nos camarades W. et Le Pa..., qui ont bien voulu se faire réciproquement une prise de sang à 4.000 m., pendant un vol effectué à Bron.

Voyons le détail de ces résultats :

I. Vol du 11 juillet 1921 à Bron. Altitude atteinte 4.000.

Pilote : capitaine Lefèvre, du 35^e rég. d'aviation. Prises de sang effectuées par le Dr W.

Avant le départ, urines recueillies entre 7 h. 20 et 7 h. 50. Ascension très lente. Arrivée à 4.000 m. à 9 h. Aucune sensation désagréable. A 9 h. 20, prise de sang sans difficulté. A 9 h. 25 nous recueillons l'urine de 7 h. 50 à 9 h. 25 c'est à dire de toute l'ascension.

Au sol	Urine	volume	{ en 30 m. = 29 cc.	
			{ en 24 h. = 1.392 cc.	
	urée		{ c = 17	
			{ d = 23.262	
	Sang	U = 0,444	K = 0,100	
A 4.000-m.	Urine	volume	{ en 95 m. = 90 cc.	
			{ en 24 h. = 1.364 cc.	
	urée		{ c = 15,75	
			{ d = 21,48	
	Sang	U = 0,476	K = 0,114	

II. Vol du 13 juillet 1921 à Bron. Altitude atteinte 5.200 mètres.

Pilote : capitaine Lefèvre du 35^e rég. d'aviation.

Prises de sang par le Dr W.

Urines recueillies à terre de 7 h. à 7. h. 40.

Prise de sang à 7 h. 15. A 8 h. 40 nous plafonnons à 5.200 mètres. Le pilote nous ayant fait signe qu'il ne peut plus monter, nous urinons. A 9 h. prise de sang : notre camarade W. a tellement froid aux mains qu'il ne peut diriger son aiguille et piquer qu'avec beaucoup de difficultés. Urines recueillies à 9 h. 10. Pendant la descente nous avons la sensation d'avoir les pieds gelés ; d'ailleurs nous voyons le lendemain le Capitaine L., qui a la joue et l'oreille gelées. Dans la soirée fatigue légère.

Au sol	{	Urine	{	volume	{	en 40 m. = 32 cc.
				urée	{	en 24 h. = 1.152 cc.
					{	c = 15,50
					{	d = 17,856
		Sang	U = 0,428		K = 0,112	
A 5.200 m.	{	Urine	{	volume	{	en 30 m. = 25 cc.
				urée	{	en 24 h. = 1.200 cc.
					{	c = 13,75
					{	d = 16,50
		Sang	U = 0,381		K = 0,112	

III. Vol du 22 juillet 1921 à Bron. Altitude atteinte 6.150 mètres.

Pilote : adjudant Musard du 35^e rég. d'aviation.

Prises de sang par le Dr W.

Urines recueillies au sol entre 7 h. 10 et 7 h. 30. Prise de sang à 7 h. 20. Départ à 7 h. 30. Nous plafonnons à 6.150 m. à 8 h. 40. A ce moment nous jetons l'urine de la montée. A 8 h. 55 nous essayons de faire notre prise de sang : 4 aiguilles sont successivement enfoncées dans les veines sans résultat. Le sang se coagule et les bouche. Pour comble de malchance, nous sommes obligés d'interrompre pendant quelques minutes, étant en imminence de syncope : de grosses gouttes de sueur nous coulent du visage et cependant il fait — 25° de froid. La flagellation intense produite par le vent en levant la tête en dehors de la carlingue nous remet de suite en état. Enfin après avoir débouché une aiguille, nous obtenons la quantité de sang voulue. Urines recueillies à 9 h. 15. Descente rapide en vol plané. Dans la soirée fatigue assez accusée.

Au sol	{	Urine	{	volume	{	en 20 m. = 21 cc.
				urée	{	en 24 h. = 1.512 cc.
						c = 11,63
						d = 17,68
		Sang	U = 0,357		K = 0,102	
A 6.150 m.	{	Urine	{	volume	{	en 35 m. = 39 cc.
				urée	{	en 24 h. = 1.500 cc.
						c = 10.69
						d = 17.10
		Sang	U = 0,351		K = 0,104	

IV et V. Vol du 25 juillet 1921 à Bron. Altitude atteinte 4.000 mètres.

Pilote : adjudant Musard du 35^e rég. d'aviation.

Nos camarades les Docteurs W. et Le Pa..., se font réciproquement des prises de sang. Miction impossible en avion. Aussi nous n'avons chez eux que les variations de la concentration de l'urée dans le sang.

D^r Le Pa... — Sang : au sol, U = 0.466 ; à 4.000 m., U. = 0. 430.

D^r W. — Sang : Au sol U. = 0.376 ; à 4.000 mètres U = 0.371.

VI. Vol du 40 octobre 1921 à Frescaty. Altitude atteinte 4.600 mètres.

Pilote : Adjudant Hugon du 11^e rég. d'aviation.

Prises de sang effectuées par le D^r W.

Urines recueillies à terre de 13 h. 45 à 14 h. 10. Sang à 14 h. Ascension lente. A 15 h. 25 émission d'urine. Sang à 15 h. 40 sans difficulté. Urines recueillies à 15 h. 50.

Au sol	Urine	volume	{ en 25 m. = 24 cc.	
			{ en 24 h. = 1.382 cc.	
		urée	{ c = 13,22	
			{ d = 18,27	
	Sang	U = 0,375	K = 0,102	
A 4.600 m.	Urine	volume	{ en 25 m. = 25 cc.	
			{ en 24 h. = 1.440 cc.	
		urée	{ c = 12,13	
			{ d = 17,03	
	Sang	U = 0,372	K = 0,108	

VII. Vol du 15 octobre 1921 à Frescaty. Altitude atteinte, 6.800 mètres.

Pilote : adjudant Hugon du 11^e rég. d'aviation.

Urines recueillies au sol de 13 h. 45 à 14 h. 10. Prise de sang à 14 h. 05.

Ayant demandé au pilote d'atteindre et même de dépasser si possible 7.000, nous nous embarquons seul comme passager. Départ à 14 h. 15. A 15 h. 15 l'altimètre marque 6.800, mais comme il ne fonctionne plus le pilote nous fait signe qu'il ne montera pas plus haut. Emission d'urine à 15 h. 15. Prise de sang effectuée par nous même à 15 h. 35 sans trop de difficulté ; chose curieuse, à cette altitude nous sommes à peine gênés par le froid, alors que nous l'étions beaucoup plus en juillet au-dessus de Lyon. Pas de sensations désagréables.

Après avoir fait constater au pilote que le tube contenait la quantité de sang voulue, nous descendons, recueillant nos urines à 15 h. 40.

Sensation de fatigue accentuée pendant toute la soirée.

Au sol	{	Urine	{	volume	{	en 20 m. = 20 cc.
				urée	{	en 24 h. = 1.440 cc.
						c = 13,25
						d = 19,08
		Sang		U = 0,385		K = 0,103
A 6.800 m.	{	Urine	{	volume	{	en 20 m. = 22 cc.
				urée	{	en 24 h. = 1.584 cc.
						c = 11,53
						d = 18,258
		Sang		U = 0,353		K = 0,108

Nous avons résumé nos résultats dans le tableau synoptique suivant :

	Ascension I 4.000 m	Ascension II 5.200 m	Ascension III 6.150 m	Ascension IV 4.000 m	Ascension V 4.000 m	Ascension VI 4.600 m	Ascension VII 6.800 m
Concentration de l'urée dans l'urine							
Au sol. . . .	17	15,50	11,63			13,82	13,25
A l'altitude	15,75	13,75	10,69			12,13	11,53
Volume d'urine émis (24 heures)							
Au sol. . . .	1392	1152	1512			1382	1440
A l'altitude	1364	1200	1600			1440	1584
Débit de l'urée dans l'urine							
Au sol. . . .	23,262	17,856	17,68			18,27	19,08
A l'altitude	21,48	16,50	17,10			17,03	18,268
Taux de l'urée dans le sang							
Au sol. . . .	0,444	0,428	0,357	0,466	0,376	0,375	0,385
A l'altitude	0,476	0,381	0,351	0,430	0,371	0,372	0,353
Constantes d'Ambard							
Au sol. . . .	0.100	0.112	0.102			0.102	0.103
A l'altitude	0.114	0.112	0.104			0.108	0.108

CHAPITRE V

Nos résultats et leurs conséquences théoriques et pratiques :

- a) Mal des aviateurs ;**
- b) Examen des candidats pilotes.**

Que pouvons-nous tirer des résultats obtenus ?

Tout d'abord mettons à part l'expérience I qui n'est pas réalisée dans les mêmes conditions que les autres.

I. D'une façon générale la concentration de l'urée dans l'urine diminue avec l'altitude et dans des proportions assez grandes puisqu'on trouve des différences constantes de 1 gr. à 1 gr. 80 au litre. Quels sont les facteurs qui semblent avoir le plus d'influence sur le phénomène : le froid et l'altitude, puisque c'est dans les expériences II et VI, que l'on trouve les écarts les plus grands : 1 gr. 80 au litre.

Déjà M. Ambard, dans son livre sur la physiologie du rein avait signalé cette baisse de la concentration de l'urée dans l'urine des animaux soumis au froid.

II. A l'encontre de ce qui se passe en montagne et en ballon, on constate ici une augmentation du volume de l'urine sécrétée, augmentation d'autant plus grande que l'altitude atteinte est plus élevée ; car c'est dans les expériences VI et III que les différences sont le plus sensibles : 100 et 150 cm³ environ en 24 heures. Ceci s'explique tout naturellement, si se reportant aux travaux du Dr Ferry, on se souvient de l'hypertension qui résulte des ascensions rapides. Le froid produit par la ventilation intense résultant de la vitesse de l'avion et qui atteint — 20° à — 25°, n'agit-il pas grâce à la vaso-constriction périphérique qui diminue l'évaporation cutanée. M. Ambard signale encore l'apparition de polyurie chez des animaux refroidis.

III. Comme conséquence de cette polyurie, le débit de l'urée remonte, mais sans jamais atteindre le chiffre du débit au sol. D. = (16.50 — 17.10 — 17.03 — 18.268) aux différentes altitudes, pour D. = (17.856 — 17.68 — 18.27 — 19.08) au sol.

IV. Le chiffre de l'urée dans le sang varie peu : U = (0.381 — 0.351 — 0.371 — 0.430 — 0.372 — 0.353) aux différentes altitudes, pour U. = (0.428 — 0.357 — 0.376 — 0.466 — 0.375 — 0.385) au sol. Et cependant, devant la tendance à la baisse enregistrée au cours de tous nos vols, on peut affirmer qu'il diminue.

V. Le débit de l'urée diminuant dans l'urine, il devrait y avoir une augmentation de l'urée dans le sang : cette diminution ne peut s'expliquer que par un ralentissement de sa production. Ainsi se trouve vérifiés en avion, les ré-

sultats donnés par MM. Guillemard et Moog, au sommet du Mont-Blanc : par le séjour dans l'air raréfié des altitudes, les combustions intraorganiques sont moins vives. Les corps azotés ne sont qu'oxydés incomplètement ; il se produit et s'élimine moins d'urée, mais par contre apparaissent des corps plus toxiques. Nous n'avons pas démontré l'existence de ces corps dans le sang de l'aviateur mais c'est une déduction logique, qu'il nous est permis de tirer de nos résultats.

VI. Pour ce qui est de la première expérience, l'augmentation de l'urée du sang s'explique par ce fait que l'ascension ayant été très lente, le temps passé à 4.000 m. fut très court, alors que le 25 juillet nos camarades se firent leurs prises de sang après une ascension rapide et un long séjour à la même altitude de 4.000 m., subissant ainsi l'action de l'air raréfié.

De même, l'urine ayant été recueillie pendant toute la montée, on s'explique très bien qu'il y ait une diminution du volume sécrété, la pression artérielle et la température ayant relativement peu varié.

VII. La constante d'Ambard augmente, mais dans de faibles proportions : $K = (0.112 - 0.104 - 0.108 - 0.108)$ aux différentes altitudes, pour $K = (0.112 - 0.102 - 0.102 - 0.103)$ au sol, puisque, comme nous l'avons vu, la constante d'Ambard nous donne un aperçu général de la perméabilité rénale, l'urée étant un terme de comparaison commode pour les autres corps excrétés de l'urine, nous pouvons en conclure que si le rein de l'aviateur fléchit pendant le vol, il ne se bloque pas.

VIII. *Le Mal des aviateurs.*

Il est facile en interprétant ces résultats, d'expliquer les phénomènes qui se passent chez l'aviateur ; la fonction rénale étant peu troublée pendant le vol, la plupart des toxiques qui apparaissent dans le sang aux hautes altitudes sont éliminés. Aussi au lieu des symptômes d'intoxication qui accompagnent ordinairement le séjour dans l'air raréfié des altitudes, l'aviateur ne présente que des troubles liés à la perturbation de la fonction circulatoire.

La présence de ces corps toxiques ne se fait sentir que plus tard, quand le fonctionnement rénal devient plus défectueux, soit grâce à l'hypotension et à l'insuffisance cardiaque qui accompagnent et suivent la descente, soit à la longue, par les lésions qu'ils ne manquent pas de produire sur les organes qu'ils traversent.

IX. *Examen des candidats pilotes.*

Si le vol en avion a surtout une action néfaste sur le cœur et le système circulatoire, et si comme l'ont proposé avec raison la plupart des auteurs, l'examen des candidats à l'aviation doit s'attacher surtout à reconnaître l'intégrité de ces organes, il n'en reste pas moins que devant l'insuffisance rénale ébauchée pendant le vol, plus nette après le vol, il sera recommandé d'exiger de ces candidats un fonctionnement rénal normal.

Aussi l'examen des urines sera fait soigneusement pour chaque candidat : elles ne doivent contenir ni sucre, ni albumine ; si on constate des traces de celle-ci, coïncidant avec un bon état général, il sera nécessaire de faire alors la recherche complète de la perméabilité rénale, par l'examen chimique des urines, mais aussi par l'étude des éliminations provoquées, et même, si possible, en réalisant des constantes d'Ambard.

CONCLUSIONS

Dans une série d'ascensions personnelles en avion aux altitudes respectives de 4.000 mètres, 4.500 m., 5.200 m., 6.150 m. et 6.800 m., nous nous sommes proposés de rechercher les variations de l'urée, à la fois dans le sang et les urines.

A cet effet, nous avons appliqué la méthode d'Ambard : recherche de la quantité d'urée contenue dans le sang, comparativement à la quantité d'urée excrétée au même moment dans l'urine (constante d'Ambard).

Ces recherches nous ont conduit aux résultats et deductions suivantes :

I. — La concentration de l'urée dans l'urine diminue d'une façon sensible, puisqu'on trouve des différences constantes de 1 gr. à 1 gr. 80 au litre.

II. — Le volume d'urine sécrétée augmente et d'autant plus que l'altitude atteinte est plus élevée ; c'est ainsi que les différences sont, chiffres ramenés à 24 heures, de 50 cm³ vers 5.000 m., de 100 cm³ vers 6.000 m., de 150 cm³ environ à 6.800.

III. — Comme conséquence, le débit de l'urée tend à se rétablir, mais sans jamais atteindre le chiffre constaté au sol :

$D = (16,50 - 17,10 - 17,03 - 18,268)$ aux différentes altitudes.

Pour $D = (17,856 - 17,68 - 18,27 - 19,08)$ au sol.

Il y a donc diminution de l'excrétion uréïque.

IV. — Le chiffre de l'urée dans le sang varie peu :

$U = (0,381 - 0,351 - 0,371 - 0,430 - 0,372 - 0,353)$ aux altitudes.

Pour $U = (0,428 - 0,357 - 0,376 - 0,466 - 0,375 - 0,385)$ au sol.

Mais devant la constance de la baisse enregistrée, soit chez nous, soit chez nos camarades, on peut affirmer qu'il tend à diminuer.

V. — Puisque, d'une part, par l'examen des urines, on constate une diminution de l'excrétion de l'urée et que, d'autre part, au lieu de l'augmentation de l'urée sanguine qui devrait y correspondre, on trouve une diminution, c'est qu'il y a ralentissement dans la production de l'urée.

VI. — La constante d'Ambard augmente, mais d'une façon légère : 0,005 en moyenne ; autrement dit, le rein fléchit, mais ne se bloque pas.

VII. — Interprétant ces résultats au point de vue du mal des aviateurs et du mal des altitudes, on peut formuler les hypothèses suivantes :

a) La diminution de la production de l'urée semble

dûe au ralentissement des combustions, moins complètes dans l'air raréfié des altitudes, ralentissement qui aboutit à la formation des produits moins oxydés et plus toxiques de la série azotée, trouvés par MM. Guillemaud et Moog, lors de leur séjour en montagne.

b) La fonction rénale étant peu troublée, la plupart des toxiques apparus dans le sang aux hautes altitudes sont éliminés. Ainsi, on s'explique que, pendant le vol, l'aviateur présente non pas des signes d'intoxication, mais seulement des troubles liés à la perturbation de la fonction circulatoire, à l'encontre de l'ascensionniste en montagne et en ballon, chez qui ces symptômes apparaissent d'une façon précoce et dominante, en rapport avec un fonctionnement rénal plus défectueux.

VIII. — Touchant l'examen d'aptitude physique des aviateurs, il n'en résulte pas moins, que devant l'insuffisance rénale ébauchée pendant le vol, plus nette après le vol, devant la production de substances toxiques dans le sang, il sera recommandé d'exiger des candidats pilotes, un fonctionnement rénal normal (recherche du sucre et albumine dans l'urine et mieux, recherche de la perméabilité rénale).

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
ARLOING.

Vu :
LE DOYEN,
JEAN LEPINE.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 7 décembre 1921.

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,
JOUBIN.

BIBLIOGRAPHIE

AMBARD. — Physiologie du rein.

BAYEUX. — Expériences faites au Mont-Blanc en 1903 sur l'activité des combustions organiques aux hautes altitudes (*Soc. de Biologie*, 1904).

— Le mal des aviateurs (*Communication à l'Académie de Médecine*, 15 décembre 1919).

BERT (Paul). — Le mal des montagnes (*Revue scientifique*, 1886).

CASTEX. — Etude physio-pathologique de l'aviateur de guerre (*Th. Lyon*, 1921).

CRUCHET et MOULINIER. — Le mal des aviateurs, Paris, Bailière, 1920.

DASTRE. — Le mal des montagnes et la cure d'altitude (*Revue des Deux-Mondes*, 1899).

ETIENNE et LAMY. — Le cœur des aviateurs (*Bulletin de l'Académie de Médecine* 6 août 1918).

— Hypertrophie du cœur des aviateurs (*Société de Biologie*, 1919, p. 652).

GUILLEMARD et MOOG. — Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale (*Comm. à l'Acad. des Sciences*, 20 nov. 1905, p. 843).

— Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale, *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 1906.

— Observations faites au Mont-Blanc sur les variations du sang en hautes altitudes (*Id.*, 1907, p. 682).

- FERRY. — L'aptitude à l'aviation (*Th. Nancy*, 1918).
— Influence du vol en avion sur la santé de l'aviateur, Berger-Levrault, 1920.
- HUGOUNENQ. — Précis de chimie physiologique et pathologique.
- JOSUÉ. — Asthénie des aviateurs (*Soc. de biologie*, 14 juin 1919).
— Pression artérielle des pilotes aviateurs (*Soc. de Biologie*, 21 juin 1919).
- JOURDANET. — Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme (*Comm. à l'Acad. des sciences*, 1874, p. 563).
- LE GORGEN. — De la pathogénie du mal des montagnes (*Th. de Bordeaux*, 1904).
- MARTIN-SISTERON. — Fatigue des aviateurs (*Paris Médical*, 20 juillet 1919).
- MAUBLANC et RATIE. — Guide pratique pour l'examen médical des aviateurs, Paris, Baillière, 1920.
- Moso. — L'acapnie, 1897.
- SAVY. — Précis de pratique médicale.
- SOUBIES. — Physiologie de l'aéronaute (*Th. Paris*, 1907).
- VILLEMIN. — Pression artérielle chez les aviateurs (*Soc. de Biologie*, 21 juin 1919).
-

